

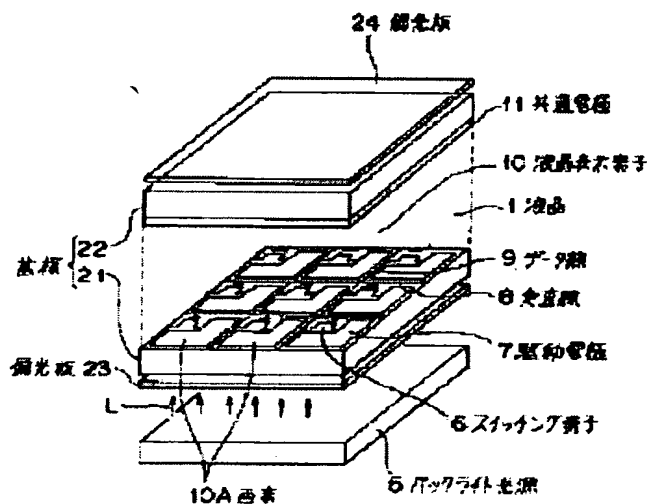
LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE

Patent number: JP5107541
Publication date: 1993-04-30
Inventor: NITO KEIICHI; YASUDA AKIO; MATSUI ERIKO;
 URABE TETSUO
Applicant: SONY CORP
Classification:
 - international: G02F1/133; G02F1/1335; G02F1/13357; G02F1/1337;
 H01L27/12; G02F1/13; H01L27/12; (IPC1-7):
 G02F1/133; G02F1/1335; G02F1/1337; H01L27/12
 - european:
Application number: JP19910265074 19911014
Priority number(s): JP19910265074 19911014

Report a data error here

Abstract of JP5107541

PURPOSE:To enable full-color displaying in analog gradations by providing liquid crystal display elements which are changed in the intensity of transmitted light by the inclination of the directors of liquid crystals and a back light which casts respective light rays of three primary colors selectively with lapse of time.
CONSTITUTION:This liquid crystal display device is constituted by packing the liquid crystal 1 between light transparent substrates 21 and 22. The liquid crystal display elements 10 constituted of respective picture elements 20A are formed on the one substrate 21. TFFs 6 and driving electrodes 7 as, for example, switching elements, are respectively provided on the one substrate 21 are so constituted as to impress the voltages corresponding to signals to the liquid crystals 1 for each of the respective picture elements 20A. Further, a back light source 5 is disposed on the rear surface side of one polarizing plate 23 disposed on the outer side of the substrates 21, 22, i.e., on the side opposite from the substrate 21 so that the light L from the light source 5 can be made incident on the liquid crystals 1 via the polarizing plate 23 and the substrate 21. The liquid crystal display elements 10 continuously change the inclination of the directors of the liquid crystals 1 by the impression of the voltages, thereby changing the intensity of the transmitted light.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-107541

(43) 公開日 平成5年(1993)4月30日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F	1/1335	5 3 0	7724-2K	
	1/133	5 5 0	7820-2K	
	1/1337	5 1 0	7610-2K	
H 0 1 L	27/12	A	8728-4M	

審査請求 未請求 請求項の数2(全17頁)

(21) 出願番号 特願平3-265074
(22) 出願日 平成3年(1991)10月14日

(71) 出願人 000002185
ソニー株式会社
東京都品川区北品川6丁目7番35号
(72) 発明者 仁藤 敬一
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
(72) 発明者 安田 章夫
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
(72) 発明者 松居 恵理子
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
(74) 代理人 弁理士 松隈 秀盛

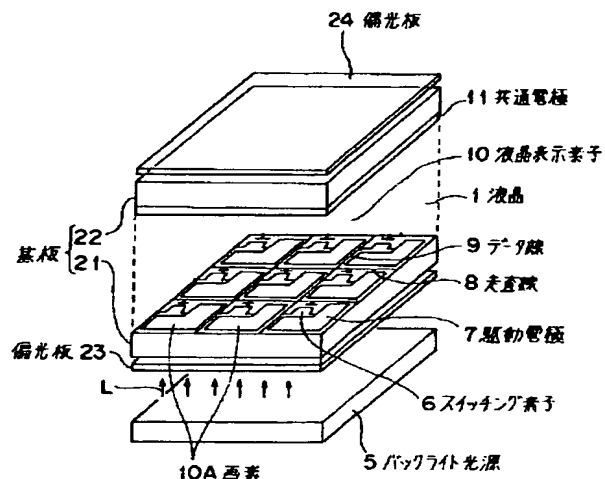
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液晶表示装置

(57) 【要約】

【目的】 アナログ階調でフルカラー表示を行うことができるようにした液晶表示装置を得る。

【構成】 電圧印加によって液晶1のダイレクタの傾きを連続的に変化させて透過光強度を変化させる液晶表示素子10と、この液晶表示素子10に対し、三原色各光を継時的に切り換え照射させるバックライト光源5とを有して成る構成とする。



本発明液晶表示装置の一例の構成図

【特許請求の範囲】

【請求項1】 電圧印加によって液晶のダイレクタの傾きを連続的に変化させて透過光強度を変化させる液晶表示素子と、

上記液晶表示素子に対し、三原色の各光を継時的に切り換え照射させるバックライトとを有して成ることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項2】 上記請求項1に記載の液晶表示装置において、

液晶表示素子が、

一軸配向処理が施された一对の第1及び第2の基板が、配向処理方向が互いにほぼ平行となるように対向配置されるとともに、これら基板間にカイラルスメクティックC相を有する液晶材料が充填されてなり、上記カイラルスメクティックC相を有する液晶材料の液晶分子が描くコーンの軸方向の基板への投影成分及び液晶分子自身の分子軸方向の基板への投影成分がそれぞれ基板の配向処理方向と同一とされ、この状態が初期状態として単安定化されて成る構成が採られ、各画素に対応してスイッチング素子が設けられたアクティブマトリクス駆動が行われるようにしたことを特徴とする液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は液晶表示装置、特にアナログ階調のフルカラー液晶表示を行うことのできるアクティブマトリクス型の液晶表示装置に係わる。

【0002】

【従来の技術】 従来のフルカラー液晶表示装置は、ツイストネマティック(TN)モードをTFT(薄膜トランジスタ)によるアクティブマトリクスで駆動しているが、この場合、高速性に問題があり、各フィールド或いはフレームを完全には表示できず、また充分なアナログ階調を得ることができなかった。

【0003】そして、このTN素子によって、例えば三原色赤R、緑G、青Bの各画素のトリオをカラーの1画素としてこれらの光の集合色によりフルカラー表示を行う場合、各ドット即ち液晶表示素子毎にR、G、Bのカラーフィルタを設けて、R、G、Bフィルタにおける各色以外の光を遮断することによって情報信号に対応する三原色光を得ているため、白色光である表示光源、いわゆるバックライトの光量を有効に用いることができず、約1/3の光利用効率となっていた。

【0004】また、強誘電性液晶を用いたデジタル階調の液晶表示素子と、タイムシーケンシャル即ち継時的R、G、B表示によるカラー表示素子の提案もなされているが、この場合タイムシーケンシャルなデジタル階調表示を採るため、フルカラー表示は実現できなかった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は、アナログ階

調でフルカラー表示を行うことができると共に、バックライトの光利用率を高めることができる液晶表示装置を提供するものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明液晶表示装置は、その一例の略線の構成図を図1に示すように、電圧印加によって液晶1のダイレクタいわゆる分子軸の傾きを連続的に変化させて透過光強度を変化させる液晶表示素子10と、この液晶表示素子10に対し、三原色各光を継時的に切り換え照射させるバックライト光源5とを有して成る構成とする。

【0007】そして本発明の他の一においては、このような液晶表示装置において、特にその液晶表示素子として、一軸配向処理が施された一对の基板21及び22が配向処理方向が互いにほぼ平行となるように対向配置するとともに、これら基板21及び22間にカイラルスメクティックC相を有する液晶材料を充填し、このカイラルスメクティックC相を有する液晶材料の液晶分子が描くコーンの軸方向の基板21及び22への投影成分及び液晶分子自身の分子軸方向の基板21及び22への投影成分がそれぞれ基板21及び22の配向処理方向と同一とし、この状態が初期状態とする単安定化構成をとり、各画素即ち最小単位の画素10Aに対応してスイッチング素子6を設けたアクティブマトリクス駆動を行う。

【0008】

【作用】 上述したように、本発明液晶表示装置は、液晶1のダイレクタの傾きを連続的に変化させて透過光強度を変化させる液晶表示素子10を用いることから、アナログ階調表示を行うことができ、従ってフルカラー表示が可能となる。

【0009】また、三原色カラーフィルタを用いることなく、三原色各光源を継時的に切り換え照射させるバックライト光源5を設ける構成とするため、一画素10Aそれぞれをフルカラーの一画素として用いることができることとなって、高解像度化とバックライト光源5の光利用率の向上をはかることができる。このことについて説明する。

【0010】 先ず本発明の理解を容易にするために、従来のカラーフィルタを用いた液晶表示装置における駆動例のタイムチャートを図21A及びBに示す。この場合各液晶画素にR、G、Bの色フィルタを例えばデルタ配置することによりフルカラー表示を行う例で、カラー表示素子としての一画素は、R、G、Bの3つの液晶画素のトリオで構成される。図21AはR、G、Bの各色光のフィルタを設けた各画素の透過率を示し、図21Bはバックライト光源の光強度を示す。この場合、用いられるバックライト光源は白色光であり、これが図21Bで示されるように常時一定の輝度で点灯している。これに対し、R、G、Bカラーフィルタが設けられた各画素からの光は、例えば図21AのR、G、Bで示すようにそ

れぞれ表示信号に対応して、Tfで示す1フレーム（或いは1フィールド）毎にその透過率が変化されるものである。この場合、各画素に関してこれに設けた各フィルタ以外の光を遮断しているため、モノクロ（単一色）の表示素子と比較すると透過率は30%程度となり、その透過光強度はバックライト光源の光強度に比して30%程度となってしまう、光の利用効率が低い。またこの場合、上述したようにカラー表示素子が3つの液晶画素から構成されるため、解像度に劣るという不都合が生じる。

【0011】これに対し、本発明液晶表示装置における駆動例のタイムチャートを図2A及びBに示す。図2Aは一画素の透過率のタイムチャートを示し、図2Bはそれぞれ赤R、緑G及び青Bのそれぞれのバックライト光源5による光強度のタイムチャートを示す。図2Bからわかるようにこの場合、バックライト光源5からR、G、Bの各光が、同時に1/3フレーム（或いは1/3フィールド）毎に100%の光強度をもって切り換え照射される。一方液晶表示素子においては、これに対応して液晶1のダイレクタの傾きを同時に変化させる。即ち図2Aに示すように透過光強度即ち透過率を1/3フレーム（或いは1/3フィールド）毎に各色光源にそれぞれ同期して各色の表示信号に対応して透過率が変化するようになされる。このようにすることによって、図2AにおいてTfで示す1フレーム（1フィールド）時間内に、所定の信号に対応した比率をもって赤、緑及び青の光が透過されて、これによりフルカラー表示がなされることとなる。

【0012】このことから、本発明液晶表示装置においては、カラーフィルタによって白色光を遮断することがなく、従って透過光強度を上述の従来例に比して基本的には3倍とすることができ、バックライト光源の光利用率を向上することができる。しかもこの場合、1つの画素を1つのカラー表示素子として用いるため、解像度も従来に比し3倍に向上させることができる。

【0013】

【実施例】以下図1及び図3を参照して本発明液晶表示装置の一例を詳細に説明する。この例においては、アクティブマトリクス駆動を行う場合を示し、その一部の略線の等価回路図を図3に示すように、マトリクス状に配列されたスイッチング素子6例えばTFFによってそれぞれの画素10Aを駆動するようになされる。図3において15はその垂直走査回路、16は映像信号サンプルホールド回路を示し、この構成において、順次スイッチング素子6をオンして、画素10Aに電位を書き込み、例えば付加容量Csによって信号を保持するようになる。7はデータ線、8は走査線を示す。

【0014】このようなアクティブマトリクス駆動法を採る液晶表示装置は、図1に示すように、例えば透過型の場合は、相対向するガラス等より成る光透過性の基板

21及び22が設けられ、これらの間に液晶1が充填されて構成される。一方の基板21上には、各画素10Aより構成される液晶表示素子10が形成される。これら各画素10Aにはそれぞれ例えばスイッチング素子としてのTFF6と駆動電極7とが設けられ、各画素10A毎に、信号に対応する電圧を液晶1に印加するようになる。8は例えば図3において説明した垂直走査回路15に連結される走査線、9は同様に映像信号サンプルホールド回路16からのデータ線を示す。また、他の基板22には共通電極11が被着形成されて成る。

【0015】また、これら基板21及び22の外側には偏光板23及び24がそれぞれ配置され、一方の偏光板23の裏面側、即ち基板21とは反対側にバックライト光源5を配置し、ここからの光Lが偏光板23、基板21を介して液晶1に入射されるようにする。

【0016】そして本発明においては、液晶表示素子1が、電圧印加によって液晶1のダイレクタの傾きを連続的に変化させて透過光強度を変化させる構成を採る。

【0017】この液晶表示素子としては例えば先に本出願人の出願に係る特願平3-25131号特許出願におけるように、アナログ階調が可能で、且つ高速応答性を有する液晶表示素子を用いる。

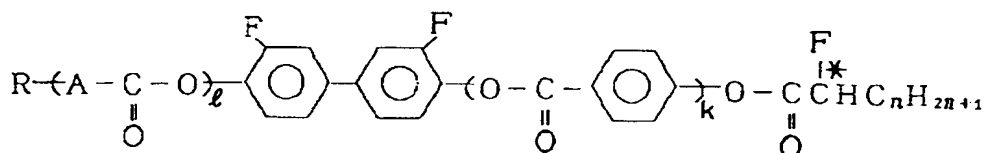
【0018】即ち、この場合基板21及び22間にカイラルスメクティックC相（以下SmC*相という）を有する液晶材料が充填されてなり、このSmC*相を有する液晶材料の液晶分子が描くコーンの軸方向の基板21及び22への投影成分及び液晶分子自身の分子軸方向の基板21及び22への投影成分がそれぞれ基板21及び22の配向処理方向と同一とされ、この状態が初期状態として単安定化されて成るものであり、更には基板21及び22間に充填された液晶材料がモノドメイン化されているものである。この液晶表示素子10について説明する。

【0019】この液晶表示素子の基本構成は、図4に示すように、ラビング処理や斜方蒸着等の一軸配向処理を施した一対の基板21、22を面対向する如く配置して液晶セルとなし、これら基板21、22の間にSmC*相を有する液晶材料を充填してなる。

【0020】用いる液晶材料としては、強誘電性液晶であってもよいし、反強誘電性液晶であってもよく、つまりSmC*相をとりうる液晶材料であれば如何なるものであってもよい。ただし、配向性等を考慮すると、SmC*相の螺旋ピッチが十分に長いことが好ましく、さらには大きな自発分極を有し且つSmC*相を室温を含む広い温度範囲で示すことが好ましい。

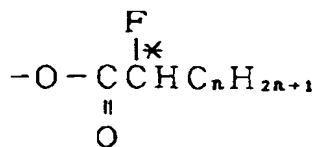
【0021】したがって、従来より公知のカイラル液晶あるいは下記の化1で表されるカイラル液晶と、3環性エステルのフッ素置換誘電体、フェニルピルジン系、フェニルベンゾエート系等の非カイラル液晶（ホスト液晶）とを混合した組成物等が好適である。

【化1】



【0022】ただし、Rは炭素数6～15のアルキル基、アルコキシ基、または下記化2のいずれかを表し、Aはベンゼン環あるいはシクロヘキサン環を、l、Rは0または1を、nは2～15の整数をそれぞれ表す。

【化2】



【0023】特に、単安定性構造を安定に発現するためには、非カイラル液晶として3環性エステルのフッ素置換誘電体またはフェニルビルミジン系液晶、さらにはこれらの混合物を使用することが好ましく、フェニルビルミジン系液晶が欠陥等の観点から最も好適である。

【0024】また、上述のようにカイラル液晶と非カイラル液晶の混合物を使用する場合、ホスト液晶である非カイラル液晶へのカイラル液晶の添加量がコントラスト、応答時間等に影響する。実用的な応答時間を維持し、しかも高コントラストを実現するためには、カイラル液晶の添加量を1～3重量%とすることが好ましい。

【0025】一方、基板21、22は、いずれも透明基板上に透明電極を形成し、さらにその上にポリイミド膜を被着してラビング処理したり、斜方蒸着膜を形成してなるものであって、それぞれの一軸配向処理方向（図4中矢印X及び矢印Yで示す。）が互いに略平行となるように配置されている。

【0026】ここで、例えばラビング処理はポリイミド膜の表面を一方に擦って表面に微細な傷を付けて配向性を持たせる手法であるが、擦った方向まで同一（全く平行。以下、パラレルと称する。）になるように配置してもよいし、擦った方向が互いに逆（反平行。以下、アンチパラレルと称する。）になるように配置してもよい。すなわち、前者は基板21のラビング方向をX₁としたときに基板22のラビング方向をY₁とした場合であり、後者は基板21のラビング方向をX₁としたときに基板22のラビング方向をY₂とした場合である。ただし、パラレルとした場合には2値状態しかとり得ない双安定セルとなり易い傾向にあることから、アンチパラレルとすることがより好ましい。

【0027】また、液晶分子が単安定化されるためには、基板21、22間の距離（いわゆるセルギャップ）が適正な値に設定されることが必要で、本発明者等の実験によれば、セルギャップを1.2～3μmとすること

が好ましい。セルギャップが3μmを越えると双安定化し易くなり、逆にセルギャップが1.2μm未満であると電圧印加時のチルト角が小さく光透過率が低くなってしまふ。特に高電界印加を可能とし十分な光透過率を確保するためには、セルギャップを1.6～2.7μmなる範囲とするのが良い。

【0028】上述のように上下両方の基板21、22に一軸配向処理を施し、その配向方向が互いに略平行となるように配した液晶セルに、SmC*相を有する液晶材料を充填すると、例えば液晶材料が層構造を有するものであれば、各層の法線方向（あるいはその基板への投影成分の方向）が前記配向処理方向と一致する。ここで、各層の液晶分子33は、図5に示すように円錐の外周面に沿う形で回転するが、この液晶分子33の描くコーン（円錐）の軸方向Z（あるいはその基板への投影成分の方向）も前記配向処理方向と一致する。さらには、液晶分子33自身のダイレクタ（分子軸）の方向D（あるいはその基板への投影成分の方向）もやはり前記配向処理方向と一致する。すなわち、各液晶分子33は、コーンの円周上の点rあるいは点sの位置で安定する。

【0029】したがって、この液晶表示素子は、基板表面での液晶分子の安定化効果を用いたものであるが、これまで知られる双安定を利用したものではなく、また双安定のどちらか片側だけで安定化する片安定でもなく、その中間の状態で単安定されたものと言える。

【0030】またこの液晶表示素子は、基板21、22の法線方向から見たときに、電界を印加しない状態で各基板21、22の一軸配向処理方向X、Yと液晶分子33が描くコーンの軸方向Z、液晶分子33自身のダイレクタの方向Dが一致する構造である。

【0031】ここで、一対の偏光子（アナライザとポーライザ。それぞれの偏光方向をA及びPで表す。）の偏光方向を直交させたまま、いずれか一方の偏光方向を前記配向処理方向と一致させると、光は透過せず黒レベルが得られる。これに対し、電界を印加すると、液晶分子33のダイレクタはコーンに沿って回転し、電界強度や極性に依じて右あるいは左に連続的（アナログ的）にチルトすることになり、これによって連続階調（アナログ階調）が得られる。なお、印加する電界の駆動電圧波形は任意であるが、+、-交互の印加であって、電気的中性条件をほぼ満足した振幅変調型であることが好ましい。

【0032】このときの液晶分子の挙動を図6、図7及び図8に示す。図6は図4中a方向から見た液晶分子の

10

20

30

40

50

挙動、図7は図4中b方向から見た液晶分子の挙動、図8は図4中c方向から見た液晶分子の挙動である。また、これらの図面においては、ガラス板21a、22a上に透明電極21b、22b及びラビング処理21c、22cが成膜されたものが基板21、22として配置されている。電界を印加していない状態では、各液晶分子33のダイレクタの方向Dは、基板21、22のラビング処理層21c、22cの一軸配向処理方向に揃う。すなわち、図6中央に示すように、液晶分子33のダイレクタの方向Dは、コーンの投影面のセンターに来る。この状態が単安定状態であり、例えばポーラライズの偏光方向Pを配向処理方向X、Yに一致させ、アナライズの偏光方向Aをこれと直交させると、光は透過せずに暗状態となる。

【0033】一方、例えば上方の基板21の透明電極21bに+、下方の基板22の透明電極22bに-の電界を印加すると、各図面において左側に示すように、液晶分子33は反時計回り方向（回転方向は液晶材料の自発分極の極性に依存する。）に回転する。このとき、ラビング処理層21c、22cとの界面から離れるに従って見掛けのチルト角 θ は大きくなるが、これはラビング処理層21c、22cとの界面では相互作用が大きく、いわゆるアンカー効果が働くためと考えられる。ここで、見掛けのチルト角 θ の最大値 θ_{max} は電界強度によって決まり、したがって電界強度に応じて前記チルト角の最大値 θ_{max} が連続的に変化することになる。これに伴い、当然のことながら液晶セル全体で見た見掛けのチルト角の平均値 θ_{avg} も連続的に変化する。

【0034】上方の基板21の透明電極21bに-、下方の基板22の透明電極22bに+の電界を印加した場合も同様で、この場合には各図面において右側に示すように、液晶分子33は時計回り方向に回転し、やはり見掛けのチルト角の最大値 θ_{max} や平均値 θ_{avg} が連続的に変化する。

【0035】このとき、ポーラライズからの直線偏光は、この液晶分子3のダイレクタの傾斜により位相差を生じ楕円偏光となるため、アナライズからの透過光量はチルト角の平均値 θ_{avg} に対応して大きくなる。すなわち、前記液晶セルにおける透過光強度Iは次式に示す関係となり、電界強度に対応して連続的に変化する見掛けのチルト角の平均値 θ_{avg} に応じて変化する。アナログ階調が得られることになる。

$$【0036】 I \propto \sin^2 (2\theta)$$

（ただし、式中のI。はセルを透過する前の光の強度。）

電界印加状態から外部電界を除去すると、液晶の内部電界及び界面の安定化効果により、すみやかに初期状態に戻る。

【0037】ところで、上述の構成を有する液晶セルにおいては、コーン軸及び液晶分子ダイレクタの配向状態

として、図9及び図10に示すような、2つのモデルが考えられる。すなわち、図9に示すように層のチルトがセル全体で一様である場合（モノドメイン）と、図10に示すようにコーン軸の周期に伴い所定のピッチ（例えば2.25 μ mピッチ）で層のチルト即ち傾斜が逆となる場合（縞状ドメイン）である。一軸配向処理方向を互いに略平行にした基板間にただ単に液晶材料を充填したときには、通常は後者（縞状ドメイン）となり、非常に規則性の高い縞状組織を呈する。しかしながら、低電圧でリニアな階調性が得られ、高コントラストを有することから、液晶表示素子としてはモノドメイン化されている方が有利である。

【0038】基板21、22間に充填された液晶材料をモノドメイン化するには、非カイラル液晶としてフェニルビルミジン系液晶を用い、高電圧を印加すればよい。高電圧印加によって、単安定のままで縞状組織が解けてモノドメイン化する。例えば、このフェニルビルミジン系液晶をホスト液晶とし、カイラル液晶を2重量%添加した液晶材料を使用した場合、700Hz、 $\pm 45 \sim \pm 50$ Vの矩形波処理でほぼモノドメイン化する。

【0039】ただし、室温近傍での電界処理のみでは縞状構造が若干残存する。そこで、カイラルネマチック相（N*）の温度で電界（700Hz、 $\pm 20 \sim \pm 50$ V）を印加し、電界印加状態のままスメクチックA相（SmA）、さらにはカイラルスメクチックC相（SmC*）まで冷却することにより、より完全なモノドメイン組織ができる。なお、いずれの場合にも印加する電界の周波数が重要で、700Hz前後でのみ特異的にモノドメイン化が起こり、600Hz以下では効果が少ない。

【0040】本発明の液晶表示素子においては、コーン軸及び液晶ダイレクタの基板への投影成分が一軸配向処理方向に配列し、単安定化されている。そして、電界無印加時にはこの単安定化状態が初期状態として保たれ、黒レベルとなる。

【0041】これに対して、所定の極性の電界を印加すると、液晶ダイレクタはコーン面に沿って例えば右回りに回転しようとするが、界面近傍では液晶ダイレクタがアンカリングされ、界面から離れた領域でチルトする。一方、逆極性の電界では、左回りに回転し、チルトの向きは逆になる。

【0042】ここで、チルト角は印加した電界の強度に応じて大きくなり、また透過光量はチルト角に対応して大きくなる。したがって、電界強度を変化させることによって連続的なアナログ階調が実現される。電界印加状態から外部電界を除去すると、界面の安定化効果等により速やかに初期状態に戻る。

【0043】上述の動作原理を有する本実施例の液晶表示素子においては、SmC*相のピッチ長が長くても原理的に動作可能であり、したがって液晶材料の配向も非

常に容易である。また、特に層のチルトがセル全体で一様となるようにモノドメイン化した場合には、高コントラスト化が図られ、しかも低電圧領域でリニアな階調性が得られる。

【0044】以下、本発明液晶表示装置における液晶表示素子を具体的な実験結果に基づいて説明する。

液晶セルの作製

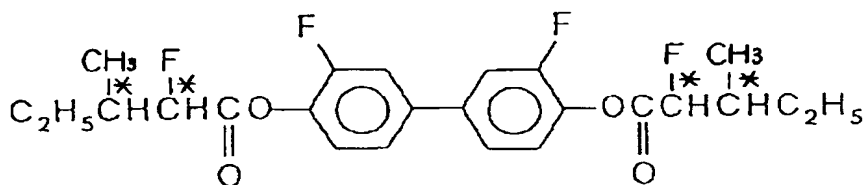
透明電極(ITO)を配したガラス板の前記透明電極側をシランカップリング処理した後、スピコート法によりポリアミド酸膜を塗布し、ベーキングによりイミド化してポリイミド膜を形成した。このポリイミド膜をベレット布で一方に10回ラビング処理を施し、配向膜とした。配向膜の厚さは約200Åであり、液晶配向の効果を得るラビング処理方向に関して非対称性を有す*

*る。

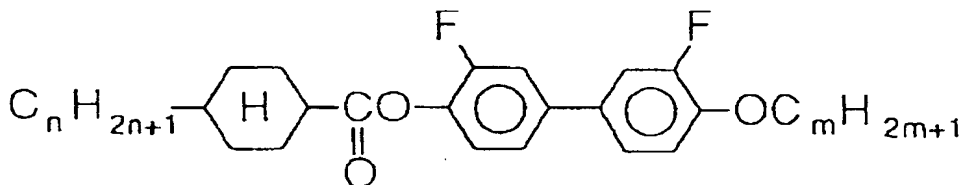
【0045】以上により配向膜を形成したガラス板をラビング処理方向が互いに反平行(アンチパラレル)となるように透明電極を対向させて配置し、2μmの真絲球(マイクロパール)を分散させた紫外線硬化接着剤を用いてギャップ2μmのセルを組み立てた。

【0046】液晶材料としては、カイラル成分として下記の化3に示す化合物(A)を用い、非カイラル成分として化4に示す化合物(B)(3環性2フッ素系)、化5に示す化合物(C)(フェニルピルミジン系)及び化6に示す化合物(D)(フェニルベンゾエート系)を用いた。

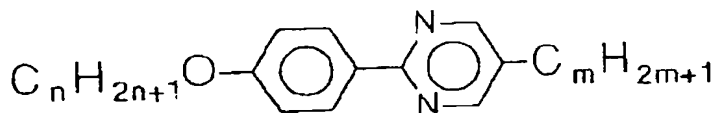
【化3】



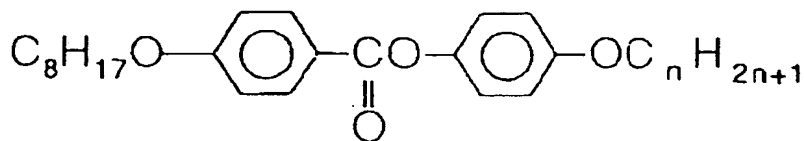
【化4】



【化5】



【化6】



【0047】非カイラル成分の組成は、化合物(B)が58重量%、化合物(C)が22重量%、化合物(D)が20重量%である。カイラル成分と非カイラル成分の割合は、カイラル成分(A):非カイラル成分(B+C+D)=10:90(重量比)とした。

【0048】この液晶材料は、図11に示す相転移挙動を示した。SmC*相の25℃におけるピッチ長は2.5μmであり、例えば特開平1-152430号公報に記載される条件よりもかに長い。また、この液晶材料の自発分極は、25nC/cm²(25℃)であった。

【0049】上述の液晶材料を真空中において110℃の等方性液体相(Iso)の状態で液晶セル中に注入

し、室温まで徐冷した。このようにして作製した液晶セルを偏光顕微鏡で観察すると、配向膜のラビング方向に縞状の組織が観察された。この縞状組織の規則性は非常に良く、さらに前記縞の方向に液晶分子が並んでいた。

【0050】すなわち、作製した液晶セルにおいては、液晶材料が層構造をとり、各層の法線方向あるいはコーンの軸方向の基板への投影成分が配向膜におけるラビング方向と同じになり、且つ液晶分子自身のダイレクタの基板への投影成分も配向膜におけるラビング方向と同じになっていた。なお、ラビング方向に液晶分子が並んでいることは、複屈折測定における遅相軸がラビング方向と一致することにより確認した。

【0051】そして、直交したポーラライザとアナライザのうち、例えばポーラライザと配向軸とを平行あるいは直交させると、透過光をほぼ遮蔽することができ、暗状態とすることができた。

【0052】動作実験

図12に示すような評価用の駆動波形により作製した液晶セルのアナログ階調性を調べた。この駆動波形は、印加電圧の電位により階調を持たせるものであり、電圧の極性を交互に変えているのは、液晶材料に対する電気的中性条件を考慮したためである。アクティブマトリックスの1画素を想定すれば、1パルスが1フィールドに相当し、2フィールド目のパルスで電気的にほぼキャンセルされるわけである。したがって、このパルス幅は1/60秒(16.6ミリ秒)としてある。パルス間にある電圧0ボルトのパルスは、液晶分子のダイレクタのチルト状態からの緩和時間を評価するものである。

【0053】図12の(B)に前記駆動波形を、(A)に液晶セルにおける応答波形を示す。図12から明らかなように、作成した液晶セルにおいては電圧変調により階調が出せることが確認された。また、この液晶セルは、電圧ゼロボルト時の立ち下がりが速いのが特徴である。

【0054】また、印加電圧と液晶セルにおける光透過率の関係を図13及び表1に示す。なお、ここでの光透過率は便宜上最大透過率(±11.1V印加したときの光透過率)を100%としてある。

【表1】

印加電圧 (V)	光透過率 (%)
0	0
±0.7	1
±1.1	2
±2.2	4
±3.0	7
±3.7	10
±4.4	14
±5.2	24
±5.6	33
±5.9	40
±6.7	57
±7.4	70
±7.8	79
±8.9	89
±10.0	97
±11.1	100

【0055】印加電圧に応じて光透過率が変わり、階調表示が達成されたことがわかる。また、印加電圧を連続的に振幅変調することによって、アナログ階調も達成することができた。

【0056】さらに、各印加電圧におけるスイッチング時間は、電圧印加時の応答時間 τ_{on} で1~8ミリ秒、電圧印加状態からオフ(0V)への応答速度 τ_{off} で0、

6~3.3ミリ秒であり、非常に速い応答を示した。特にオフ時の応答が高速であるのは、単安定状態の安定度が非常に高いためであると推定される。

【0057】一般的なTN液晶では、応答時間は数十~数百ミリ秒程度であり、したがって本発明の液晶セル構造を例えば薄膜トランジスタ(TFT)セルに取り入れることで、従来のTN型TFTディスプレイよりもかに高速動作可能なディスプレイが構築されるものと期待される。

【0058】以上のように、本発明を適用した液晶セルにおいては、アナログ階調が可能でしかも高速動作が可能であることが明らかとされたが、さらに単安定セル構成要件の最適化を目指し、液晶セル構造や液晶材料物性等が単安定化に及ぼす影響について検討を重ねた。以下、これら検討結果について述べる。

【0059】配向処理方向の検討

先ず、ポリイミド界面の構造的な因子が単安定に及ぼす効果を明確にするために、液晶セルにおける一對の基板の配向処理方向の組み合わせ、すなわちパラレル(平行)あるいはアンチパラレル(反平行)、による配向状態の相違を検討した。

【0060】液晶セルの構成や使用した液晶材料は、先に作製した液晶セルと同様であり、配向膜のラビング方向の組み合わせのみをパラレル及びアンチパラレルの二種類とした。

【0061】パラレル配向では、消光位はラビング方向に対して±45度チルトしており、黒レベルの良好な単安定状態をとった。したがって、この場合には2値状態しかとり得ない単安定セルとなる。このときのセル中の液晶配向構造は、いわゆるシェブロン構造と推定される。

【0062】一方、アンチパラレル配向では、消光位はラビング方向と一致し、単安定特有の縞状組織が観察された。この液晶セルにおいて階調表示が可能であることは、先の動作実験に示した通りである。このときのセル中の液晶配向構造は、いわゆるブックシェルフ構造と推定される。以上より、単安定セルとするためには、アンチパラレル配向セルとすることが好適であると言える。

【0063】最適セルギャップの検討

ポリイミド界面においては、ラビング方向の影響ばかりでなく、アンカリング効果による影響も予想される。すなわち、ポリイミド界面が液晶分子に及ぼす相互作用は、界面から離れるに従い減少するものと考えられ、したがってセルギャップを変化させることにより単安定の度合いを制御できるものと推察される。

【0064】そこで、セルギャップを0.8 μ m~6.3 μ mの間で変化させてそれぞれ液晶セルを作製し、各セルにおける透過率、単安定スイッチング特性等について検討した。

【0065】作製した液晶セルの構成や使用した液晶材料は、ここでも先に作製した液晶セルと同様とし、セル

ギャップを0.8 μm 、1.2 μm 、1.65 μm 、1.8 μm 、2.0 μm 、2.1 μm 、2.7 μm 、3.0 μm 、3.9 μm 、6.3 μm とした。

【0066】その結果、セルギャップ3 μm 以下の液晶セルでは、液晶分子の配向性が良く、且つツイストの無い構造をとり、黒レベルも良好であることがわかった。ただし、セルギャップ0.8 μm 及び1.2 μm では、黒レベルは良好であるものの、電圧印加時のチルト角が小さく光透過率が低かった。

*

*【0067】一方、単安定用駆動波形で各液晶セルのスイッチングを調べたところ、セルギャップ0.8 μm ～3.0 μm で単安定を示したが、ギャップが大きくなり3.9 μm あるいは6.3 μm となると双安定性を示すようになった。そこで、セルギャップ1.65 μm ～3.0 μm の液晶セルについて、応答時間を測定した。結果を表2に示す。

【0068】

【表2】

印加電圧		セルギャップd/ μm					
		1.65	1.8	2.0	2.1	2.7	3.0
2.5 V/ μm	τ_{up} /ms	1.5	5.5	3.0	3.0	1.5	1.5
	τ_{down} /ms	1.5	3.0	3.0	4.0	2.0	2.5
5 V/ μm	τ_{up} /ms	1.5	2.5	2.0	1.5	1.5	—
	τ_{down} /ms	2.0	3.0	2.0	3.5	2.0	—

上記ギャップ範囲において、立ち上がり応答時間は低電界下ではギャップに若干依存するが、高電界下では一定値に近づいてくる。立ち下がり応答時間は、印加電界強度に依存せず、ほぼ一定であり、これは主にポリイミド界面の拘束力によるものと考えられる。

【0069】なお、セルギャップ3.0 μm では、高電界印加により双安定に移行してしまうため、スイッチングデバイスとして使用するには、セルギャップ2.7 μm 以下とすることが必要であることがわかった。

【0070】非カイラル液晶の効果

本発明の液晶セルにおいて、液晶材料として使用される強誘電性液晶組成物は、非カイラル液晶にカイラル液晶を添加してなるものである。そこで、最初に、非カイラル成分が単安定性に及ぼす効果について検討した。

【0071】まず、3環性2フッ素系(DFE)、フェニルビルミジン系(PPm)、フェニルベンゾエート系(PE)からなる3成分系の非カイラル液晶をアンチパラレルに組んだセルに注入したところ、先に製作した液晶セルと同様の縞状組織が観察された。すなわち、縞状組織の発生は、カイラル液晶によるものではなく、非カイラル液晶に起因することがわかった。

【0072】そこでさらに、個々の成分について検討した。結果は次の通りである。

(イ) DFE/PPm組成物

DFE/PPm/PE組成物と同様、配向処理方向と同方向の縞状組織が見られた。

(ロ) DFE組成物

縞状組織の完成度は低い、同様のラインが出現した。

(ハ) PPm組成物

縞状組織の完成度が非常に高いものであった。

(ニ) PE組成物

縞状組織は見られず、双安定類似構造を有していた。

20

【0073】このように、PPm、DFEの各非カイラル成分により単安定性が発現し、単安定性構造の発現にはカイラル成分は必要ないことがわかった。特に、PPmでは欠陥が少なく、本発明の液晶セルにおける非カイラル成分として好適であることが示唆された。ただし、これら非カイラル成分のみでは単安定特有の縞が移動するスイッチングモードは僅かであり、このモードの有効な発現のためにはカイラル成分の存在が必要であることがわかった。

【0074】カイラル液晶の添加効果

極めて欠陥の少ないフェニルビルミジン系液晶(PPm)にカイラル成分を添加することにより、単安定セルの組織構造及び電気光学特性にどのような効果をもたらすかを検討した。配向膜はポリイミド、セルはアンチパラレルとした。添加したカイラル液晶は、先の化合物(A)である。

【0075】カイラル成分添加量を0～5重量%とし、各セルを偏光顕微鏡にて観察したところ、カイラル成分添加量0～3重量%で欠陥の少ない単安定の縞状組織が確認された。これに対して、カイラル成分添加量が3重量%を越えると、液晶材料注入後の冷却時に発生した欠陥により黒レベルが浮いてしまい、コントラスト比が低下した。

【0076】図14にコントラスト比のカイラル濃度依存性を示す。これよりカイラル液晶の添加量は3重量%以下とすることが好ましいことがわかる。

【0077】さらに、カイラル成分の濃度を変えたフェニルビルミジン系液晶組成物について、電気光学特性を調べた。カイラル成分の添加により応答のしきい値電圧が低下し、応答時間も短くなっているが、これら特性を表3に示す。

50 【0078】

【表3】

カイラル濃度 (%) 特性	0	1	3	5
飽和電圧 (V) (透過率100 %) (透過率 50 %)	14 10.5	10 3.5	5 0.9	4 1.5
応答時間 (ms) τ_{on} (5 V) τ_{down} (0 V)	3.20* 2.20	1.75 1.25	0.50 1.25	0.75 1.00
コントラスト比	35 ~ 43	40	30	31
黒レベル (透過率%)	0.45	0.30	0.58	0.55

(*は5 Vでは応答しないため1.4 Vでの測定値を示す。)

【0079】非カイラル液晶だけでは7 V以上印加しないと応答しないが、カイラル液晶を僅か1重量%添加するだけで1 V以下の低電圧でも駆動可能となり、10 V印加で光透過率100%となった。さらにカイラル成分を増量すると、5 V以下でも光透過率100%を達成できた。

【0080】一方、応答時間については、 τ_{on} はカイラル成分の増加に伴い高速化し、3重量%で500 μ 秒となり、それ以上は高速化しなかった。電圧印加を解除したときの応答速度である τ_{off} は、カイラル成分1重量%以上で約1.0~1.25 m秒ではぼ一定となった。先のコントラスト比と併せて考えると、カイラル成分量は実用的には1~3重量%とするのが好適であることがわかった。

【0081】なお、フェニルビルミジン系液晶にカイラル液晶を3重量%添加した強誘電性液晶組成物のヘリカルピッチは、N*相で3 μ m、SmC*相で9.3 μ mであり、さらには9.3 μ m以上のヘリカルピッチでも単安定駆動を発現することができ、例えば特開平1-152430号公報等に記載されるピッチ条件等とは大きく異なる。

【0082】縞状組織のモノドメイン化

単安定を利用したアナログ階調表示デバイスにおいては、単安定セルを作製すると規則性の高い縞状組織が形成され、これによって単安定性が発現されていたが、コントラスト比は最大でも46程度である。そこで、縞状組織のモノドメイン化によるコントラスト比の改善効果について検討した。

【0083】フェニルビルミジン系液晶にカイラル液晶を2重量%添加した強誘電性液晶組成物を液晶セルに注入した。使用した液晶セルの構成は、先の「液晶セルの作製」の項において記載した通りである。

【0084】この状態では非常に規則性の高い縞状組織

を呈したが、カイラルネマチック相の温度で700 Hz、20~50 Vの電界を印加し、電界印加状態のままスメクチックA相、さらにはカイラルスメクチックC相まで冷却することにより、モノドメイン化したセルを作製することができた。

【0085】モノドメイン化した液晶セルでは、コントラスト比81が達成され、またアナログ階調性は、図15に示すように低電圧域で線形性の良好なものであった。このように、モノドメイン化することにより、低電圧(4 V以下)駆動で高コントラスト、応答時間1ミリ秒前後の特性を有するアナログ階調表示デバイスが実現された。

【0086】以上の説明からも明らかなように、カイラルスメクチックC相を有する液晶材料を用いた液晶表示素子ではアナログ階調表示が可能であり、また優れた高速応答性をも得ていることから、完全なフレーム表示、フィールド表示が可能となり、特に液晶材料をモノドメイン化することにより、コントラスト比を大幅に向上することができ、また低電圧域でのアナログ階調の線形性を著しく改善することができるものである。

【0087】またこの場合、カイラルスメクチックC相のピッチ長の長いものにも適用でき、液晶分子の配向が容易であって、量産性に非常に有利である。更にまた、駆動波形として電気的中性条件を保ったもので使用でき、またこの駆動波形はTN型TFTディスプレイの場合と同様であることから、TFTアクティブマトリクス駆動による振幅変調により高速アナログ階調表示を達成することが可能である。

【0088】次に、このような液晶表示素子10を用いた本発明液晶表示装置の動作態様について説明する。図1に示すように、この場合バックライト光源5から各色光を液晶表示素子に照射させるものであるが、このバックライト光源5は、例えば図16A及びBにそれぞれその一例の略線の斜視図及び断面図を示すように、その裏面に反射板29を有する厚板状の光源体35の三方の側

面に、筒状の赤色光源25、緑色光源26及び青色光源27が設けられる。そしてこれら各色光源25、26及び27は反射鏡面28によりその周囲を囲まれ、光源25、26及び27から出射した光が全て光源体35の反射板29によって反射されて、図1において矢印Lで示すように素子10に面光源として照射されるように構成される。

【0089】即ちこの場合、従来の白色光源(XYZ表色系で $X=0.33$ 、 $Y=0.33$)ではなく、加法混色の手段、特に色光を急に交代させて継時的に混ぜる方法(新編 色彩科学ハンドブック 日本色彩学会編 p.151)を応用し、加法で白色(XYZ表色系で $X=0.3333$ 、 $Y=0.3333$)なる個々のR、G、Bの冷陰極管、LED、EL、プラズマ発光等の光源が継時的に切り換えられるバックライト光源5を用いるものである。

【0090】また、液晶表示素子10の材料分子が描くコーンの軸方向の基板への射影成分及び分子自身の分子軸方向の基板への射影成分が基板の配向処理方向と同一とされ、この初期状態における配向軸方向に偏光子である一の偏光板23の軸を合わせ、これと直交する方向に他の偏光板24即ちこの場合検光子の軸を合わせて配置する。このとき、図17に示すように、初期状態においては、矢印dで示す液晶分子の配向軸方向即ちダイレクタが偏光子の軸方向Pと平行であり、検光子の軸方向Aの成分は0であるが、図18に示すように、分子の配向軸方向が θ の傾きをもつ場合、検光子Aの成分が現れて光を透過することとなる。

【0091】図19に、一例として強誘電性の液晶分子のダイレクタ33のコーンモデルを示す。図19において矢印dは自発分極を示す。この液晶分子に電圧を印加することによって、図20のA〜Cに示すように、チルト角が0から θ_1 、 θ_2 へと徐々に大きくなって、即ち上述した検光子Aの成分が現れて光を透過することとなって次第に明るい表示となる。このように、液晶ダイレクタのチルト角 θ を変化させることによって、アナログ階調を得ることができる。

【0092】そしてこのような構成において、前述の図23A及びBで説明したタイムチャートによって情報信号に対応して各色を継時的に照射させた。即ちこの場合、各色光源25、26及び27を、1フレームの1/3即ち例えば1/90s=5.6mS(或いは1フィールドの1/3、例えば1/180s=11.2mS)毎に切り換え、順次点灯して切換え照射させる構成とした。この場合、照射順序はR→G→Bに限らず3色が1組であればよく、その照射順序は問わない。

【0093】この場合、1/3フレーム毎に切り換える場合は、立ち上がり応答時間即ち光透過率が0〜90%に変化する時間が少なくとも1/180s=5.6mS以下であることが必要であり、1/3フィールド毎に切

り換える場合は、立ち上がり応答時間は1/360s=2.8mS以下であることが必要となる。

【0094】上述したように、カイラルスメクティックC相を有する液晶材料をモノドメイン化することにより、例えば動作電圧±4Vで最大コントラスト80、立ち上がり応答時間即ち光透過率が0〜90%に変化する時間を0.5mS〜1.5mSとすることができた。

【0095】このような構成によって、アナログ階調によるフルカラー表示が可能で、高速応答性にも優れた液晶表示装置を得ることができた。

【0096】尚、本発明液晶表示装置は上述の実施例に限ることなく、本発明構成を逸脱しない範囲でその他の種々の液晶材料、装置構成を採ることができることは勿論である。

【0097】

【発明の効果】上述したように、本発明液晶表示装置によれば、カラーフィルタを用いたトリオ構成による従来の液晶表示装置に比し、透過光強度を3倍とすることができ、バックライト光源の光利用率を向上することができる。しかもこの場合、1つの画素を1つのカラー表示素子として用いるため、解像度も従来に比し3倍に向上させることができる。

【0098】また、液晶表示素子の液晶材料として、カイラルスメクティックC相を有する液晶材料を用いて、液晶分子が描くコーンの軸方向への投影成分及び液晶分子自身の分子軸方向の基板への投影成分を基板の一軸配向処理方向と同一とし、この状態を単安定初期状態とすることによって、アナログ階調表示が可能で、従ってフルカラー表示が可能となり、また高速応答性にも優れたものとすることができる。

【0099】特に、液晶材料をモノドメイン化することにより、コントラスト比を大幅に向上することができ、また低電圧域でのアナログ階調の線形性を著しく改善することができる。

【0100】更に、上述した液晶材料による液晶表示素子は、カイラルスメクティックC相のピッチ長の長いものにも適用でき、液晶分子の配向が容易であり、量産性を考えた場合に非常に有利である。

【0101】更にまた、上述の液晶表示素子においては、駆動波形として電気的中性条件を保ったもので使用でき、また本質的にこの駆動波形はTN型TFTディスプレイの場合と同様であることから、TFTアクティブマトリックス駆動による振幅変調により、フルカラーの高速アナログ階調表示を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明液晶表示装置の一例の略線的構成図である。

【図2】本発明液晶表示装置の駆動例を示すタイミングチャートである。

【図3】本発明液晶表示装置の一例の等価回路図であ

る。

【図4】本発明液晶表示装置の構成例の模式的斜視図である。

【図5】液晶分子が描くコーンを説明する模式図である。

【図6】図4の矢印a方向から見た液晶分子の挙動を示す模式図である。

【図7】図4の矢印b方向から見た液晶分子の挙動を示す模式図である。

【図8】図4の矢印c方向から見た液晶分子の挙動を示す模式図である。

【図9】モノドメイン化された場合の液晶ダイレクタの配列状態を示す模式図である。

【図10】縞状組織を示す場合の液晶ダイレクタの配列状態を示す模式図である。

【図11】実施例において使用した液晶材料の相転移温度の説明図である。

【図12】単安定セルにおける応答波形を示す特性図である。

【図13】液晶表示素子における印加電圧と光透過率の関係を示す特性図である。

【図14】コントラスト比のカイラル濃度依存性を示す特性図である。

【図15】モノドメイン化した液晶材料における印加電圧と光透過率の関係を示す特性図である。

【図16】バックライト光源の一例の説明図である。

【図17】液晶表示装置の液晶分子配列状態の説明図である。

【図18】液晶表示装置の液晶分子配列状態の説明図で

ある。

【図19】強誘電性液晶のコーンモデルの説明図である。

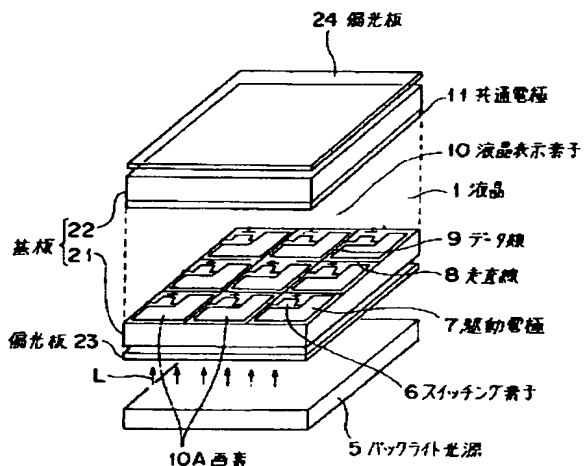
【図20】液晶ダイレクタの連続的な傾きを示す説明図である。

【図21】従来の液晶表示装置の駆動例を示すタイミングチャートである。

【符号の説明】

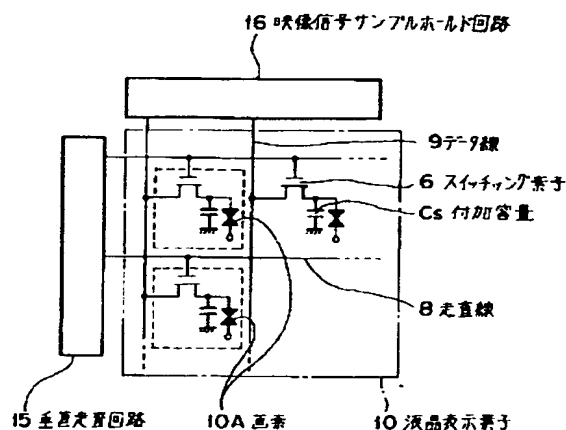
- 1 液晶
- 5 バックライト光源
- 6 スイッチング素子
- 7 駆動電極
- 8 走査線
- 9 データ線
- 10 液晶表示素子
- 10A 画素
- 11 共通電極
- 15 垂直走査回路
- 16 映像信号サンプルホールド回路
- 21 基板
- 22 基板
- 23 偏光板
- 24 偏光板
- 33 液晶分子
- X 配向処理方向
- Y 配向処理方向
- Z コーンの軸方向
- D 液晶分子の分子軸方向

【図1】



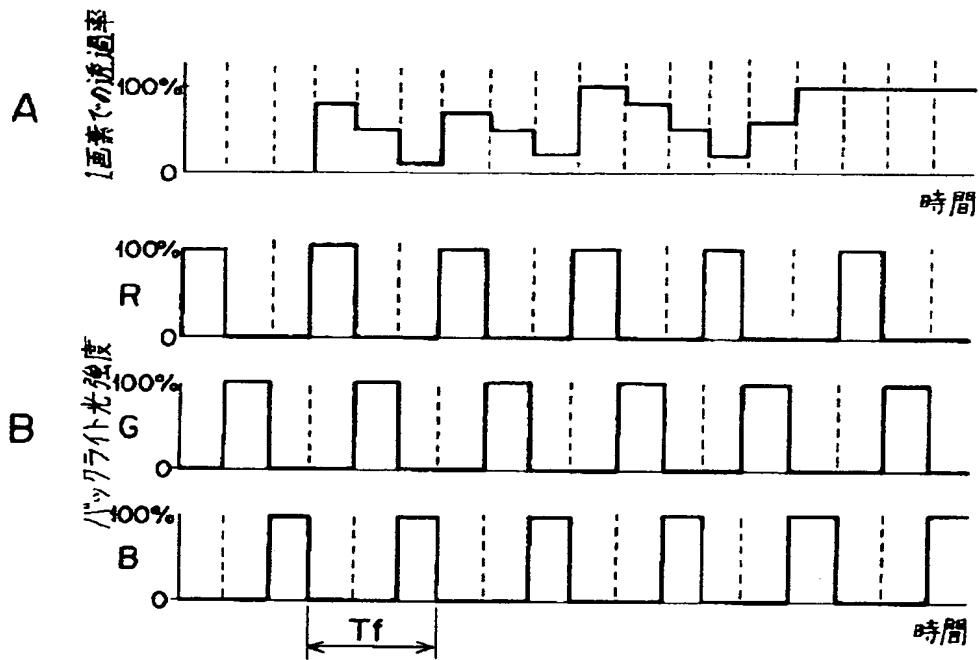
本発明液晶表示装置の一例の構成図

【図3】



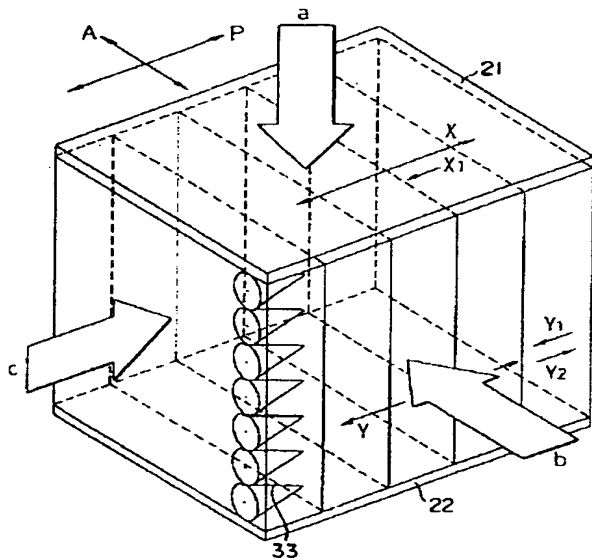
本発明液晶表示装置の一例の回路図

【図2】



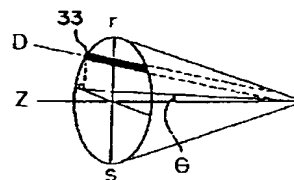
本発明液晶表示装置の 駆動例を示すタイミングチャート

【図4】



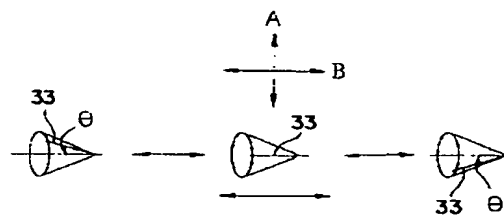
本発明液晶表示装置の構成例の模式的斜視図

【図5】



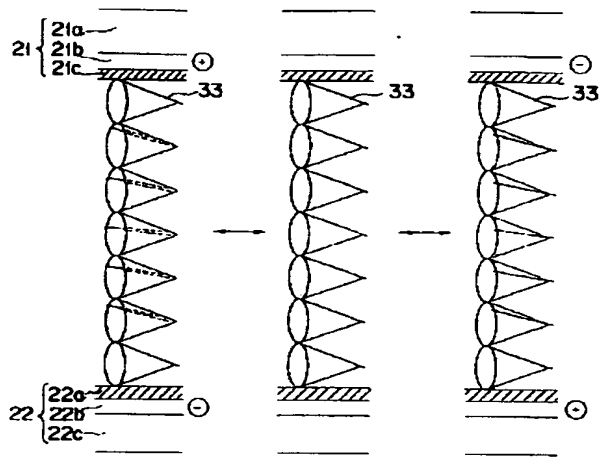
液晶分子が描くコーンを説明する模式図

【図6】



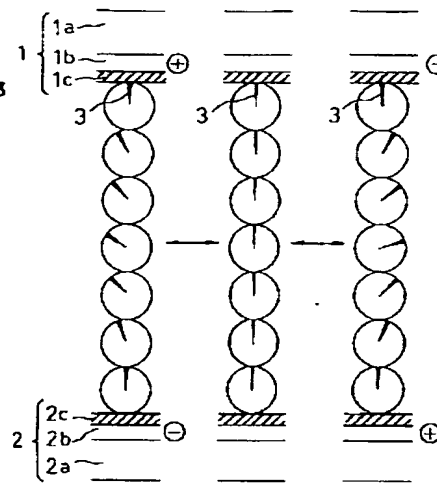
液晶分子の挙動を示す模式図

【図7】



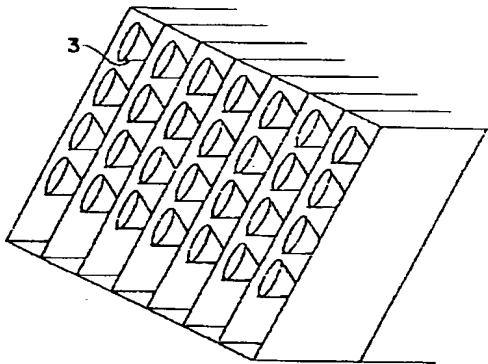
液晶分子の挙動を示す模式図

【図8】

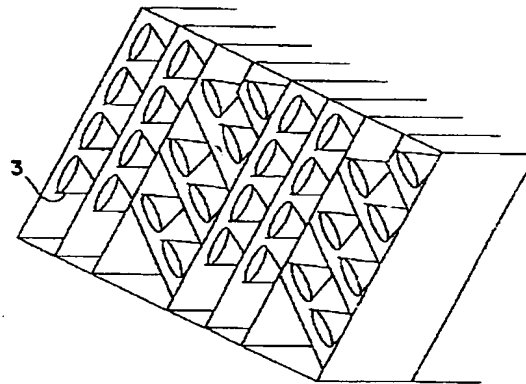


液晶分子の挙動を示す模式図

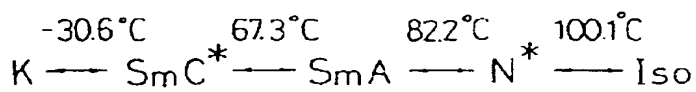
【図9】

モノドメイン化された場合の
液晶ディスプレイの配列状態を示す模式図

【図10】

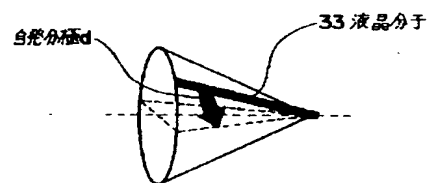
縞状組織を示す場合の
液晶ディスプレイの配列状態を示す模式図

【図11】



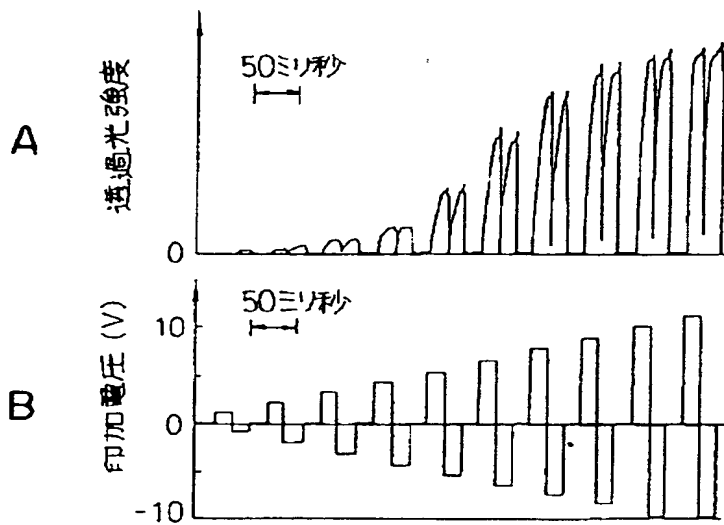
液晶材料の相転移温度の説明図

【図19】



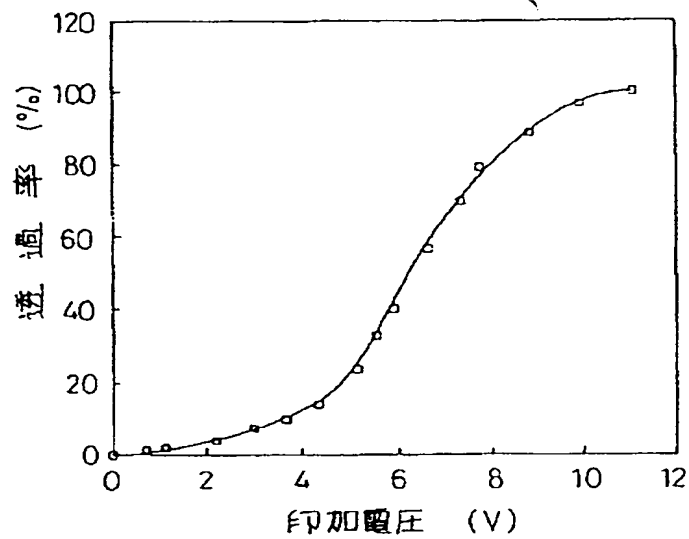
強誘電性液晶のコーンモデルの説明図

【図12】

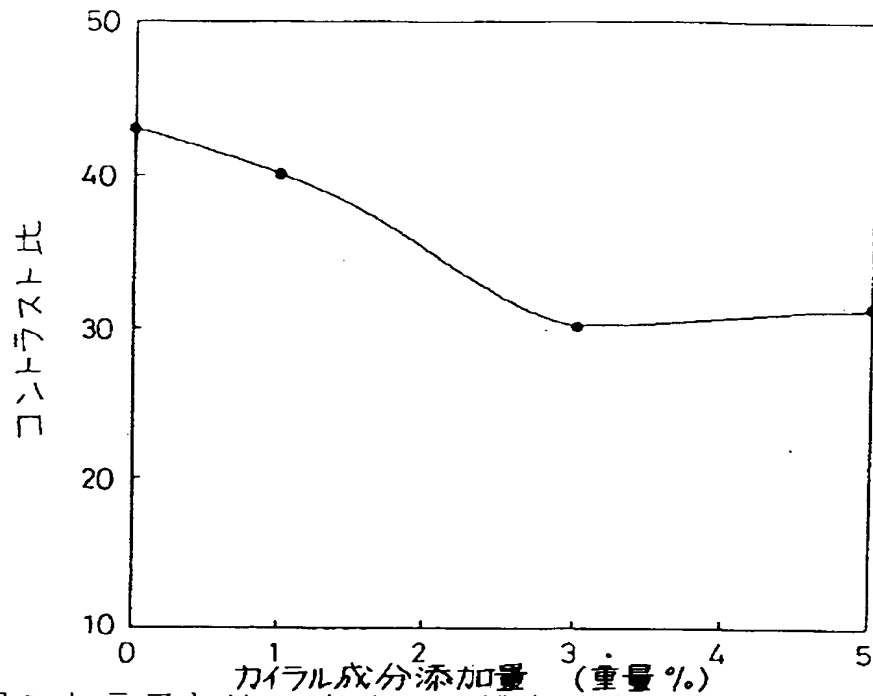


単安定セルにおける応答波形を示す特性図

【図13】

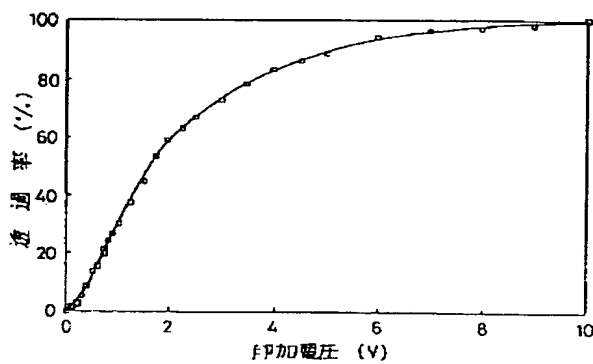
液晶表示素子における印加電圧と
光透過率の関係を示す特性図

【図14】

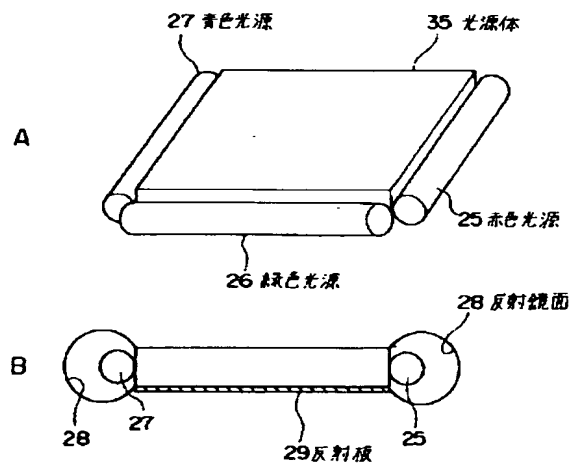


コントラスト比のカイラル濃度依存性を示す特性図

【図15】

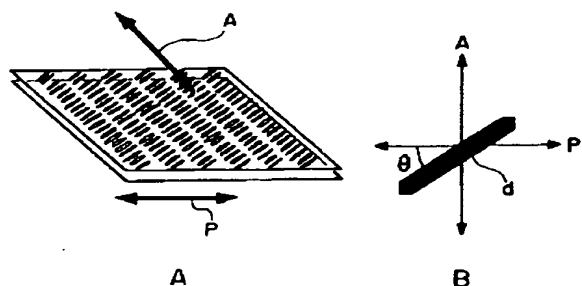
モノドメイン化した液晶材料における
印加電圧と光透過率の関係を示す特性図

【図16】

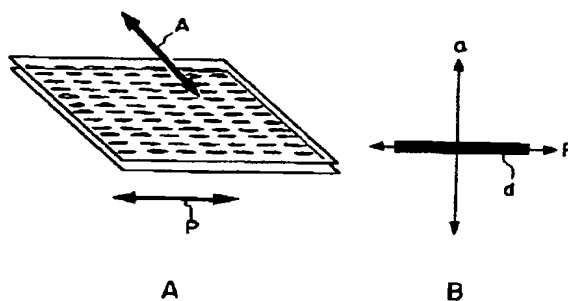


バックライト光源の説明図

【図17】



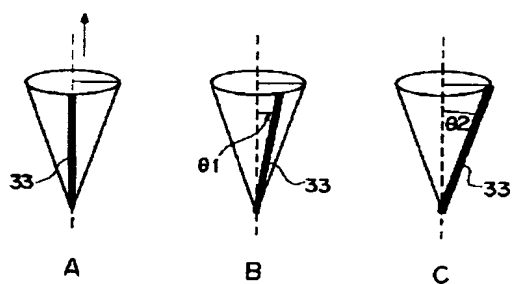
【図18】



液晶表示装置の液晶分子配列状態の説明図

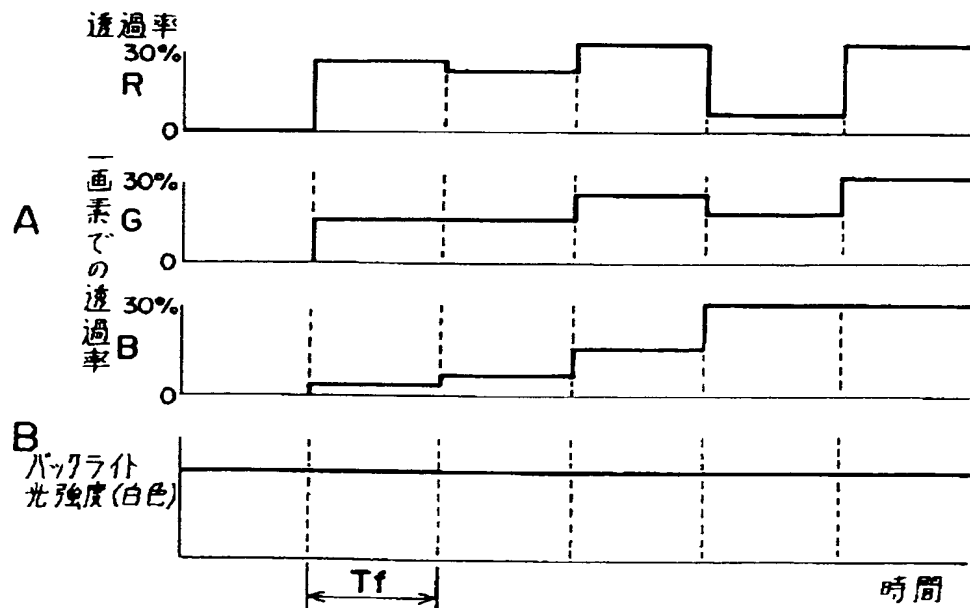
液晶表示装置の液晶分子配列状態の説明図

【図20】



液晶タイレワタの連続的な傾きを示す説明図

【図21】



従来の液晶表示装置の駆動例を示すタイミングチャート

フロントページの続き

(72)発明者 占部 哲夫
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.